



---

# 「銀河とAGNの共進化」の研究への VLBIの貢献可能性を考える

---

Univ. Tokyo / NAOJ VLBI 林 隆之

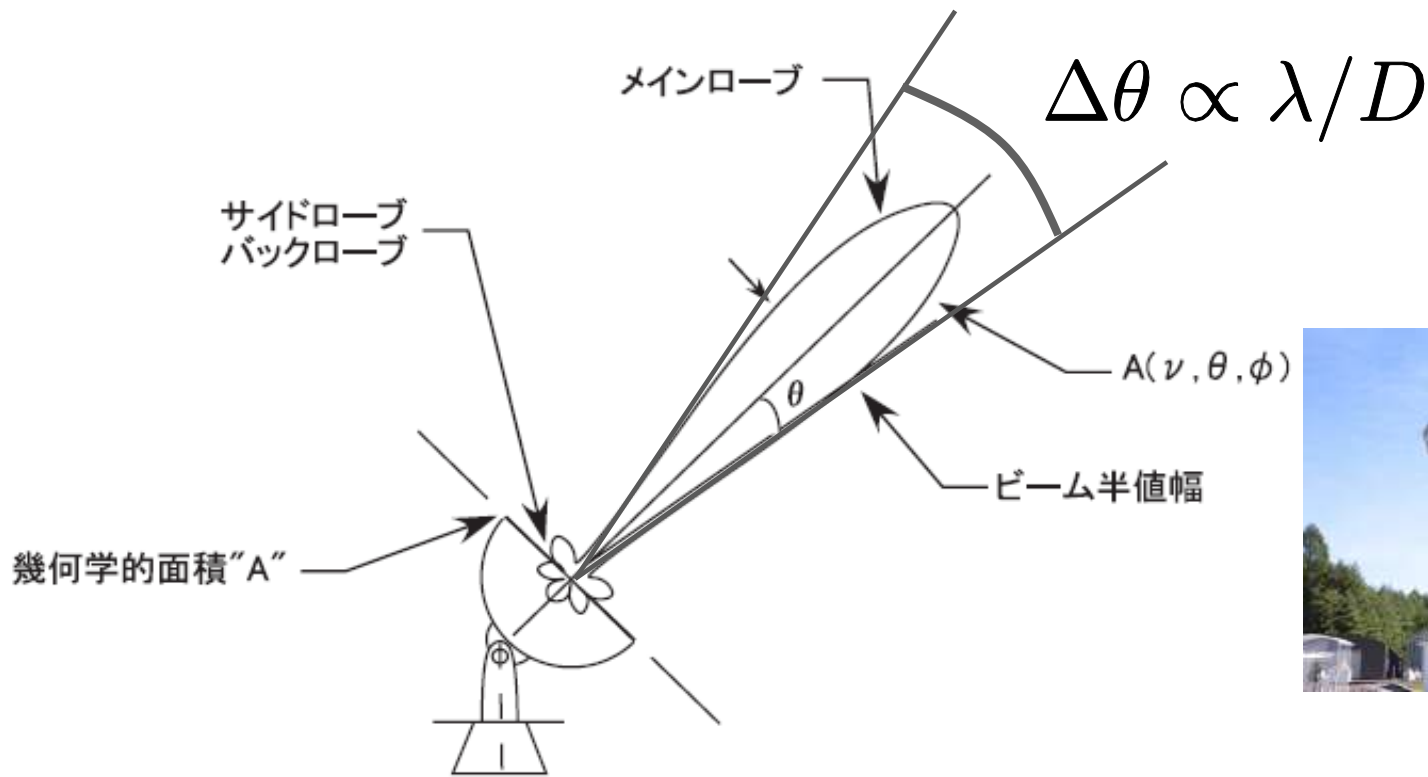
- 電波干渉計概論
- 銀河進化への貢献を考える
  - 埋もれたAGN
  - BALクエーサー
- Summary



■ 単一鏡

電波望遠鏡：

ビームの中に入るエネルギーを測定する装置



### ■ 電波干渉計

A局とB局との経路長差

$$X = D \sin \theta$$

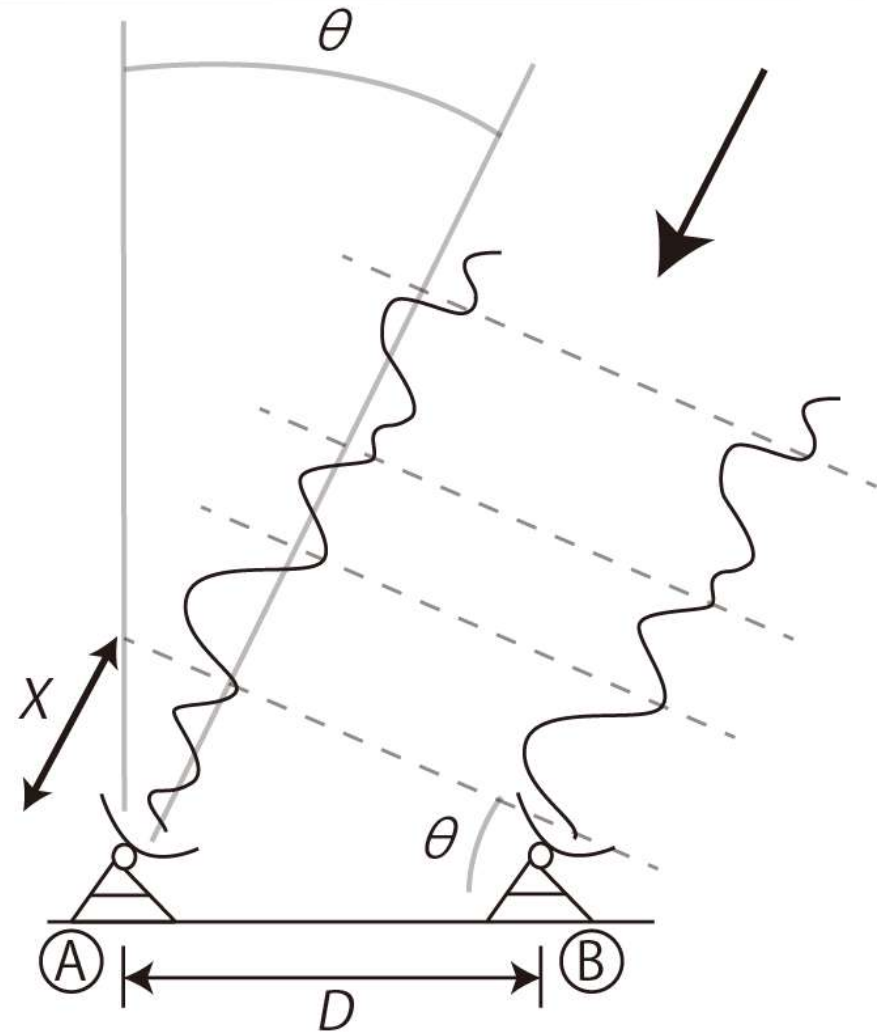
従って、到達時間差は

$$\tau_g = \frac{X}{c} = \frac{D \sin \theta}{c}$$

基線長  
Constant

遅延時間  
Observable

天体座標  
Objective



$\theta$ を求めればエネルギーの飛来方向が分かる

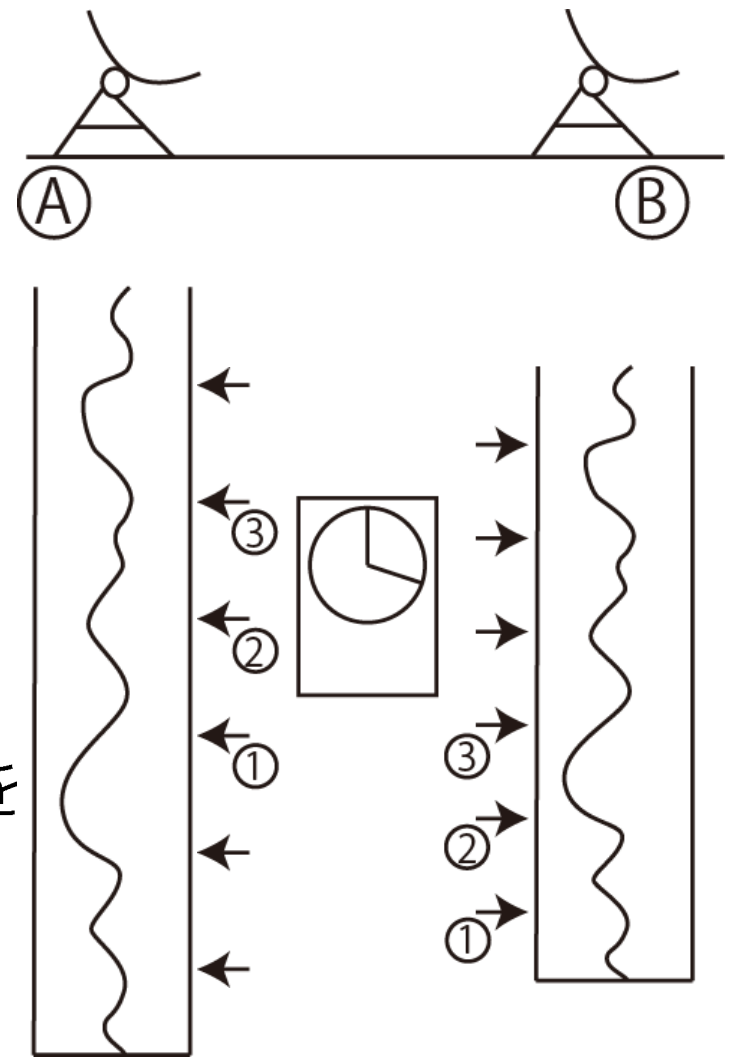
⇒天体画像

### ■ 結合型電波干渉計

遅延時間  $\tau_g$  は2局でとった信号の相互相関を取って求める。

しかし、2つのデータがいつ取られたか分からない。  
遅延時間を求めるのは困難！

⇒ 時計を使ってデータの取得時刻を同時に記録すれば解決！  
(時計＝周波数標準)

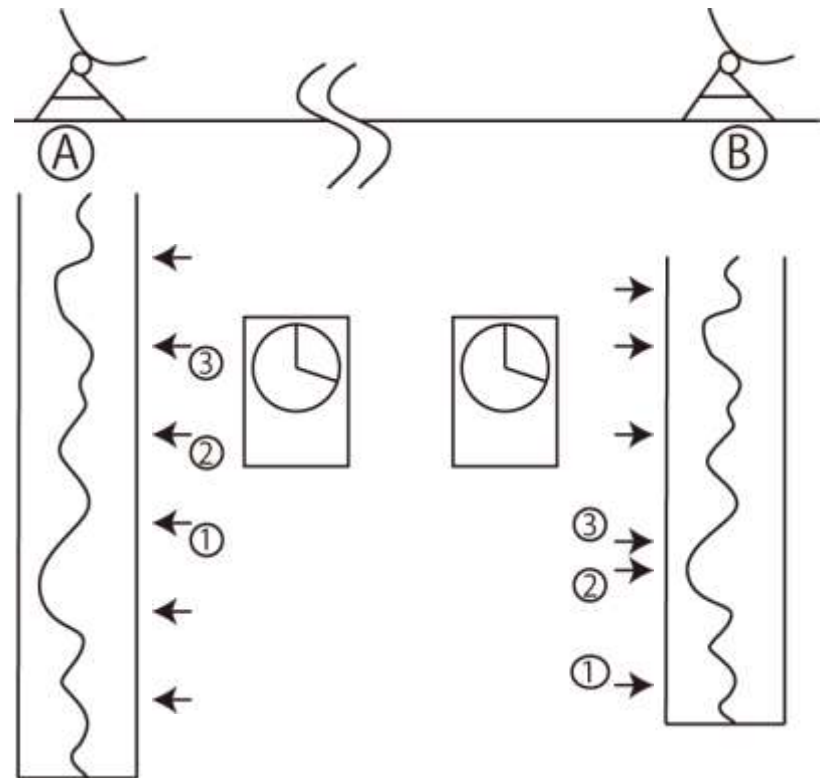


### ■ 超長基線干渉計 (VLBI)

基線長,  $D$ , を大きくすれば  
分解能が良くなる。

しかし, 局ごとに時計の刻みが  
一定とは限らない。

⇒ 相互相関を取るときに,  
時計の遅れ進みも同時に補正。  
(明るい天体を見る必要性)



### ■ ビームサイズ／分解能

- 電波望遠鏡はビームの中に入るエネルギーを測る装置
- ビーム内のノイズは開口面積に依存



D = 45m, 22GHz  
ビームサイズ  
~100 arcsec

D = 18km, 22GHz  
ビームサイズ  
~0.3 arcsec

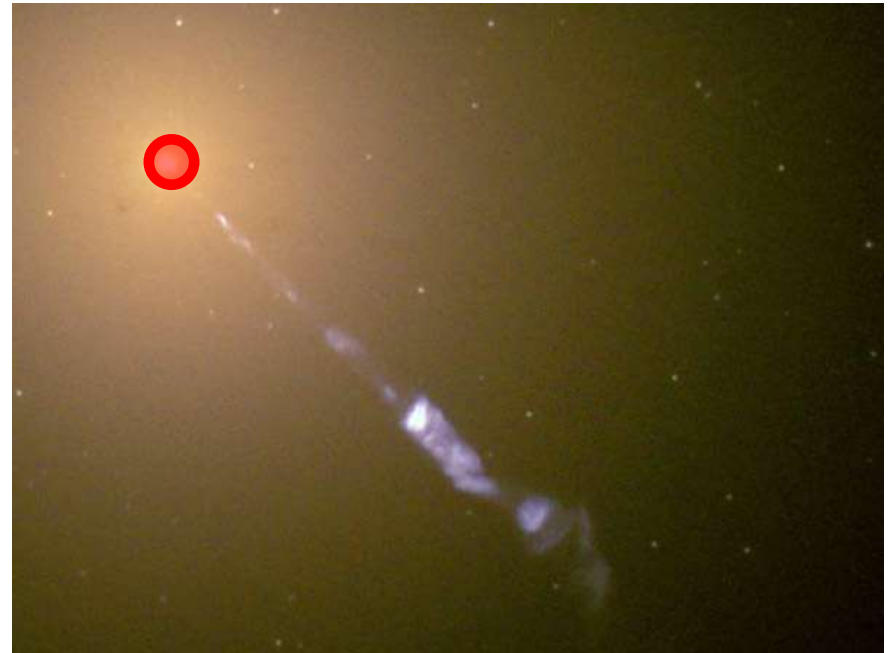
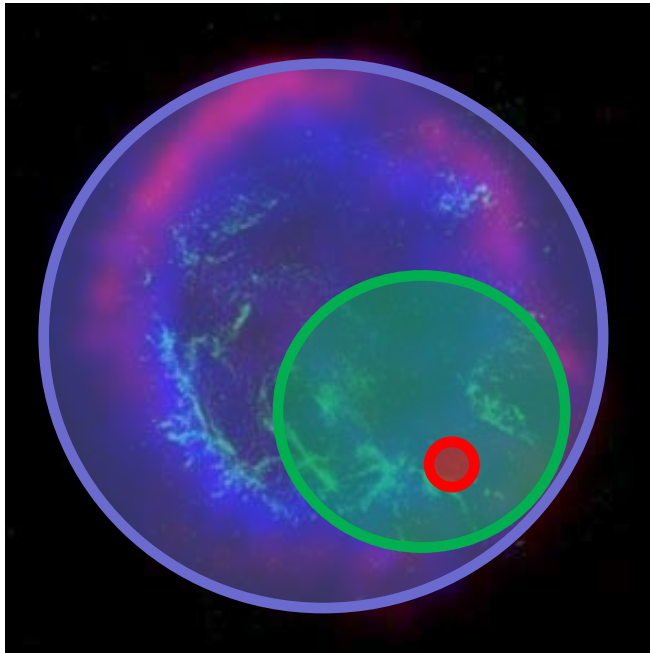
D = 2000km, 22GHz  
ビームサイズ  
~2 milli arcsec



## ■ 過分解 (resolve out)

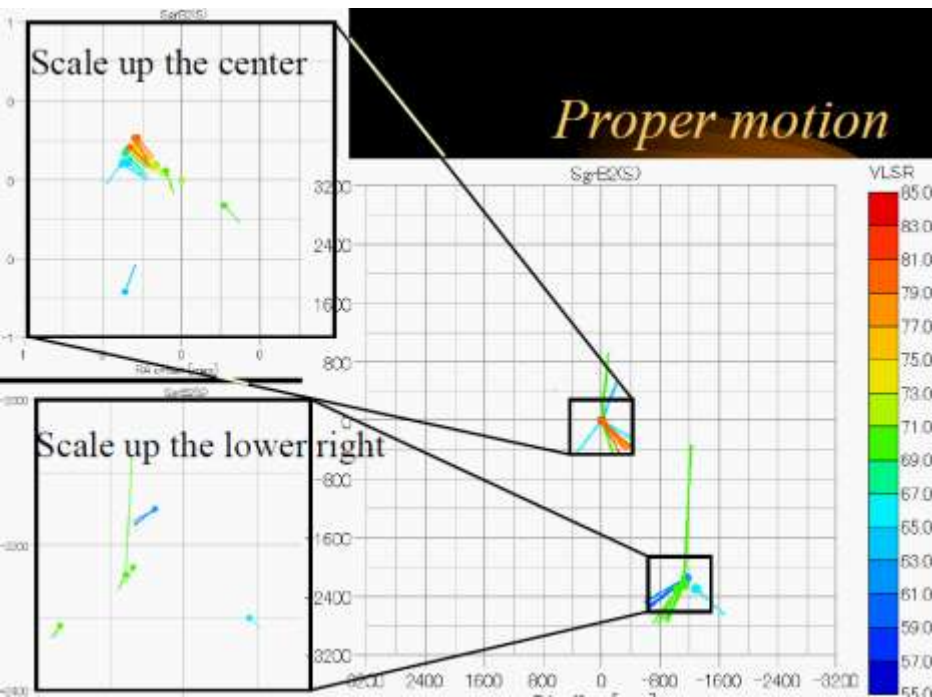
高分解能で、天体のエネルギーの一部しかビーム内に入らない場合は天体を検出できない可能性も…

⇒ VLBIは淡い天体が苦手

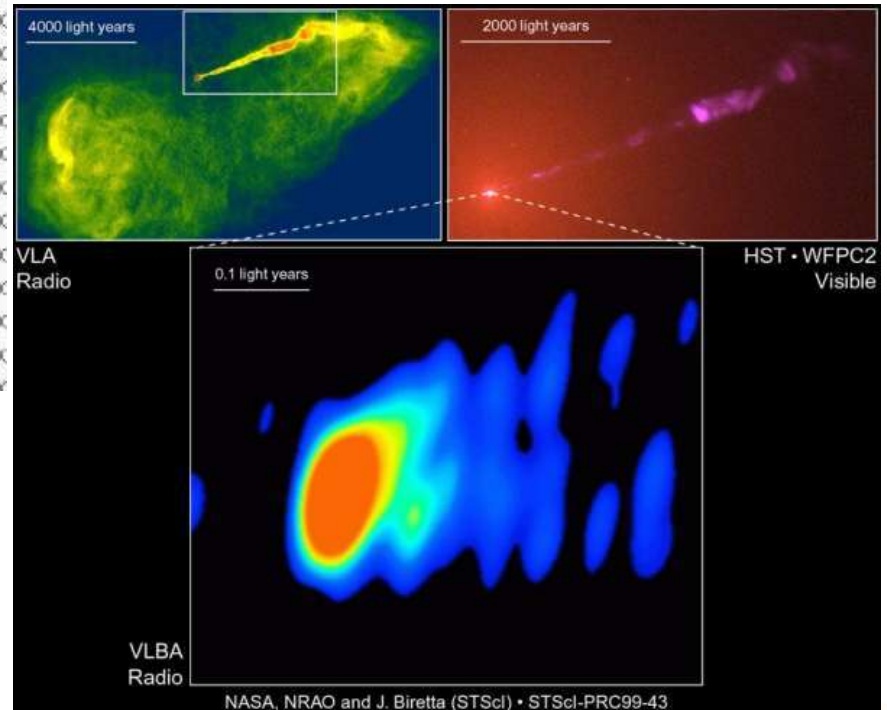




### VLBIは明るい天体にサイエンスが限定される



### メーザーを使った位置天文学



### 電波ジェット の発生機構の解明



# 銀河進化への貢献を考える



Pure disk galaxy



Elliptical

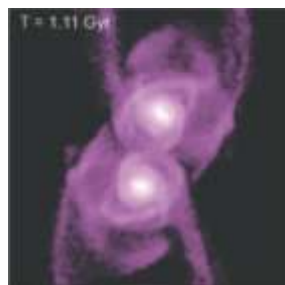


Classical bulge

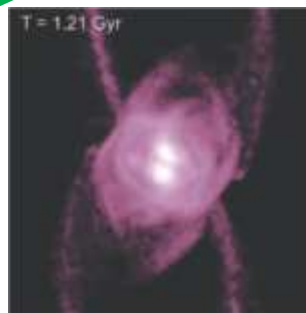


Pseudo-bulge

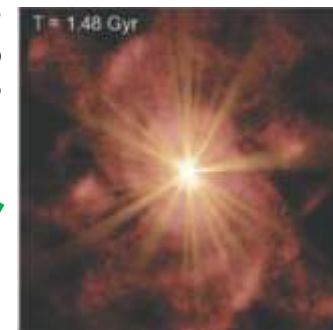
No relation between BH and bulge



Major merger



Star burst, buried quasar ?



Quasar phase

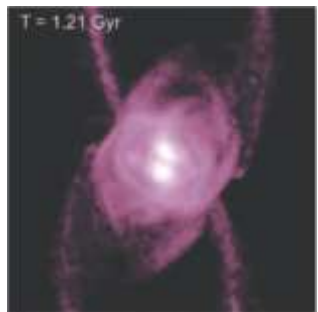
Correlation between BH mass and bulge mass

BAL works as AGN feedback to the galaxy ??

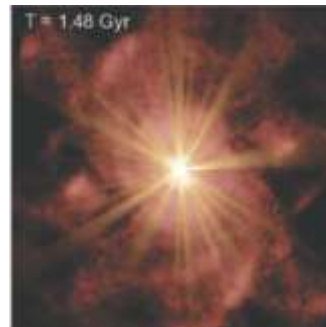
Hopkins+ 2005



# 銀河進化への貢献を考える



Star burst, buried quasar ?



Quasar phase

## Questions :

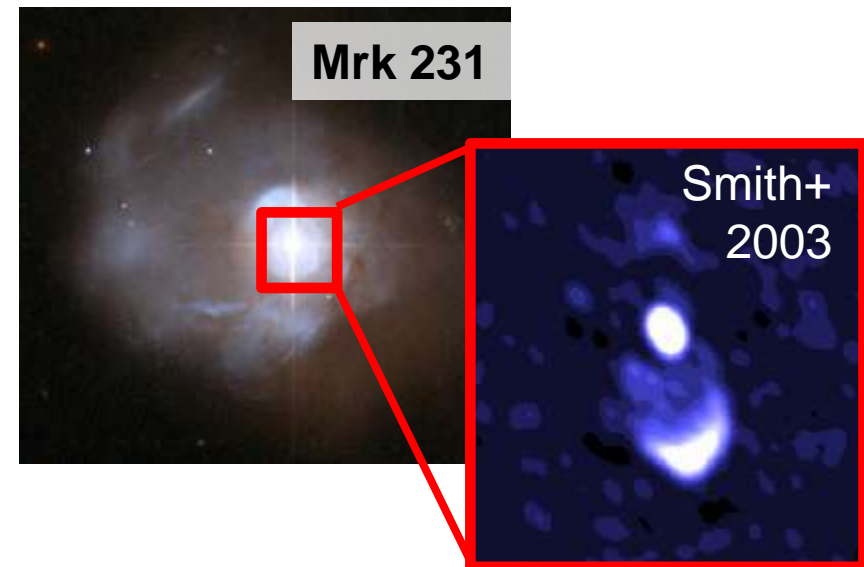
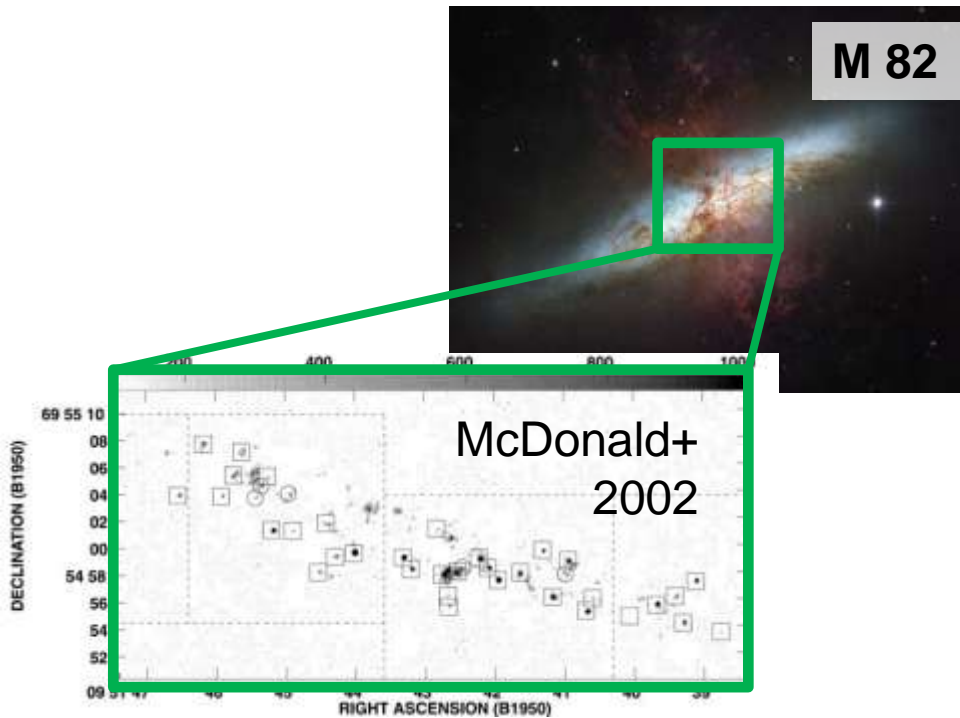
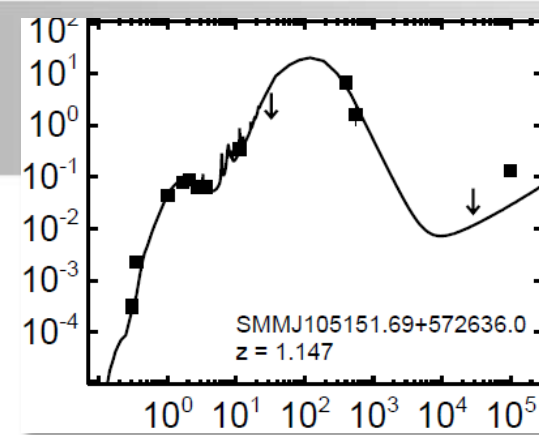
- 星形成銀河に「埋もれたAGN」は存在するか？
- 「埋もれたAGN」がどうクェーサーに進化するか？



# VLBIで探る銀河進化 1 AGNの存在の普遍性検証

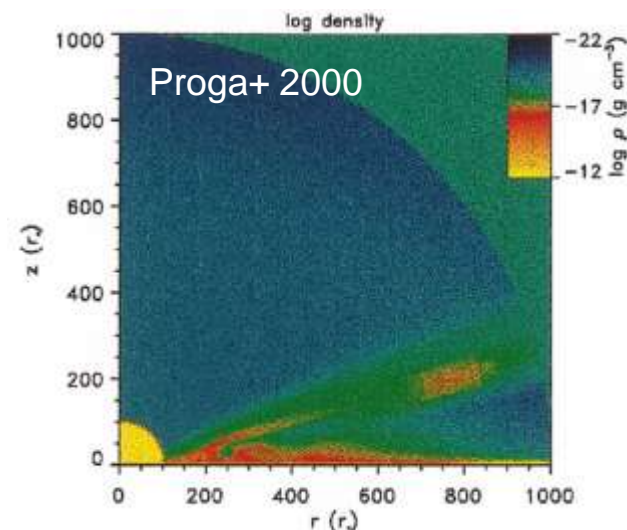
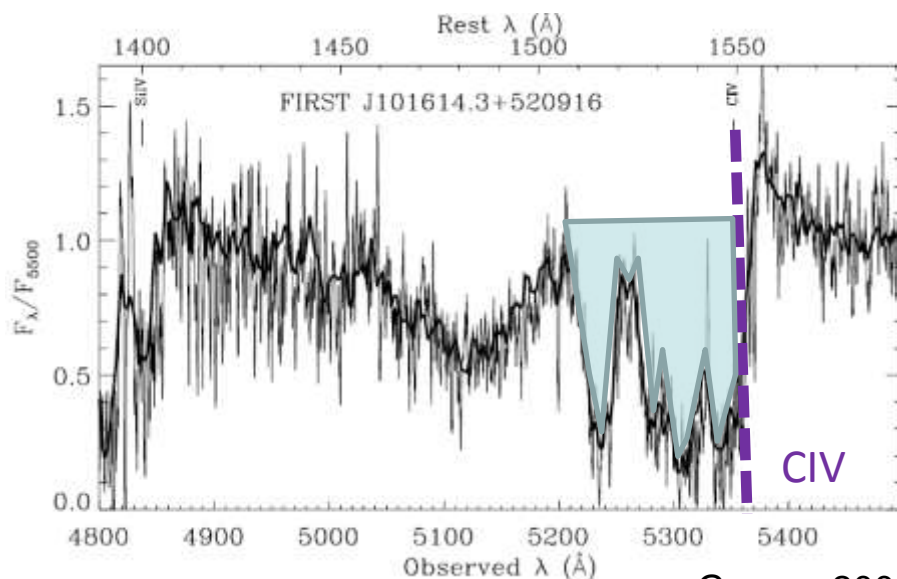
## ■ 「埋もれたAGN」の探査

- ・ 赤外線で明るい銀河 / (U) LIRG
- ・ ダストの散乱で光赤外でAGNのfeatureが見えない  
⇒ ダスト加熱源はAGNか星形成か, **電波なら見通せる**



## ■ Broad Absorption Line (BAL) Quasars

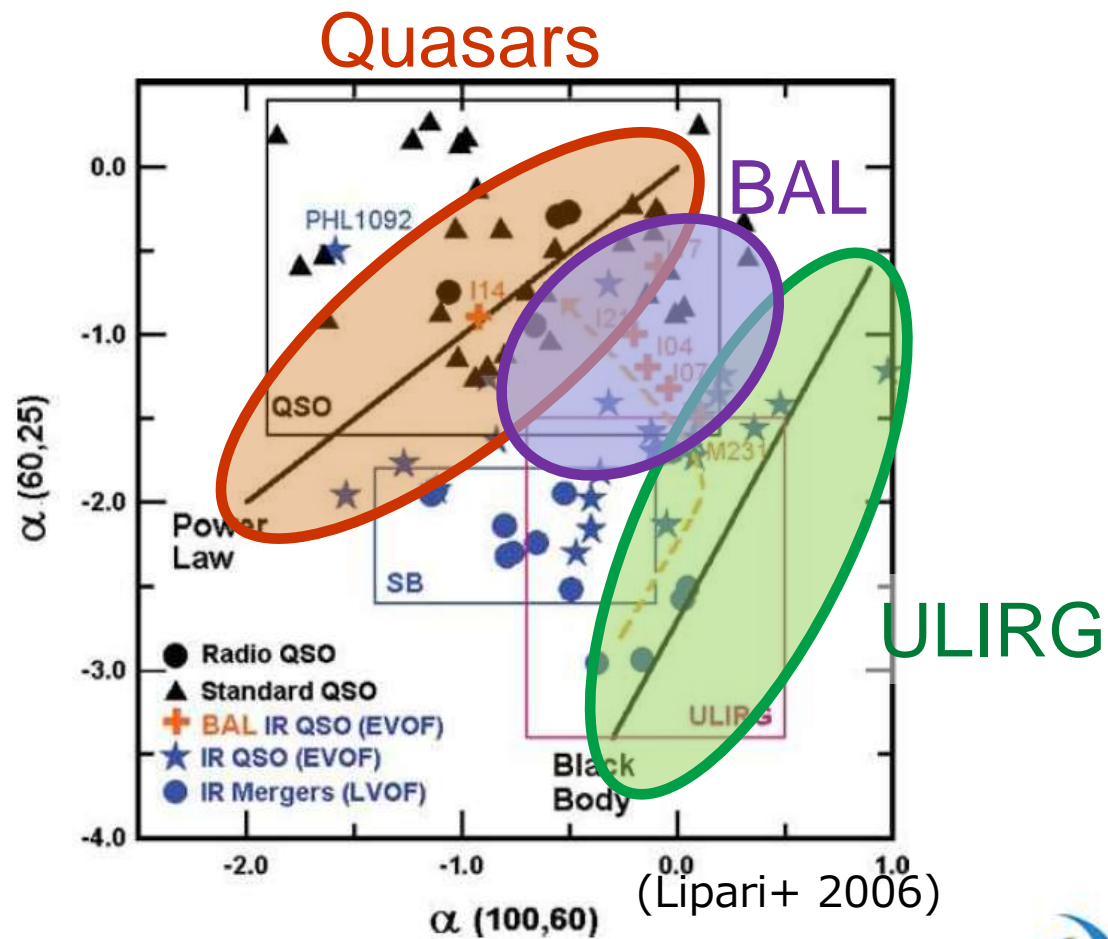
- 大きく青方変移 ( $v_{\text{MAX}} \sim 0.1c$ ) した金属吸収線
- 線幅大  $\Delta v > 1000 \text{ km s}^{-1}$   
 ⇒ 降着円盤風が起源？
- **15%** のクエーサーが BALをもつ (SDSS DR5, Shen+2008)
- アウトフローの加熱で星形成を抑制？





# VLBIで探る銀河進化 2

## 「埋もれたAGN」がクエーサーに進化する過程



### ■ BALクェーサーの電波性質

- コンパクトな天体が多い
- 大規模ジェットをもつ天体はnon-BALクェーサーの10分の1

#### • 降着円盤風と電波ジェットは共進化？

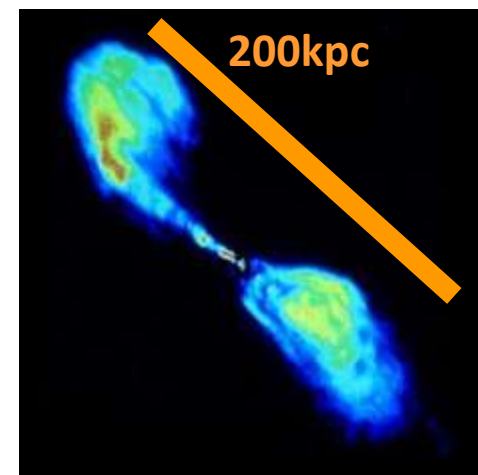
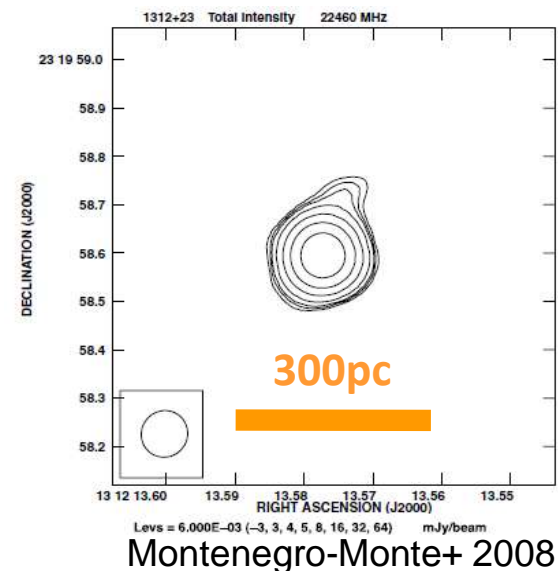
電波ジェットの成長とともにアウトフローが消失  
中心エンジンに共通の何かメカニズム？

(Youth scenario)

#### • BALクェーサーの電波ジェットは大きくなれない？

BALクェーサーは濃い星間物質に満たされている  
ジェットは抑圧され、銀河スケールから成長できない

(Frustration scenario)

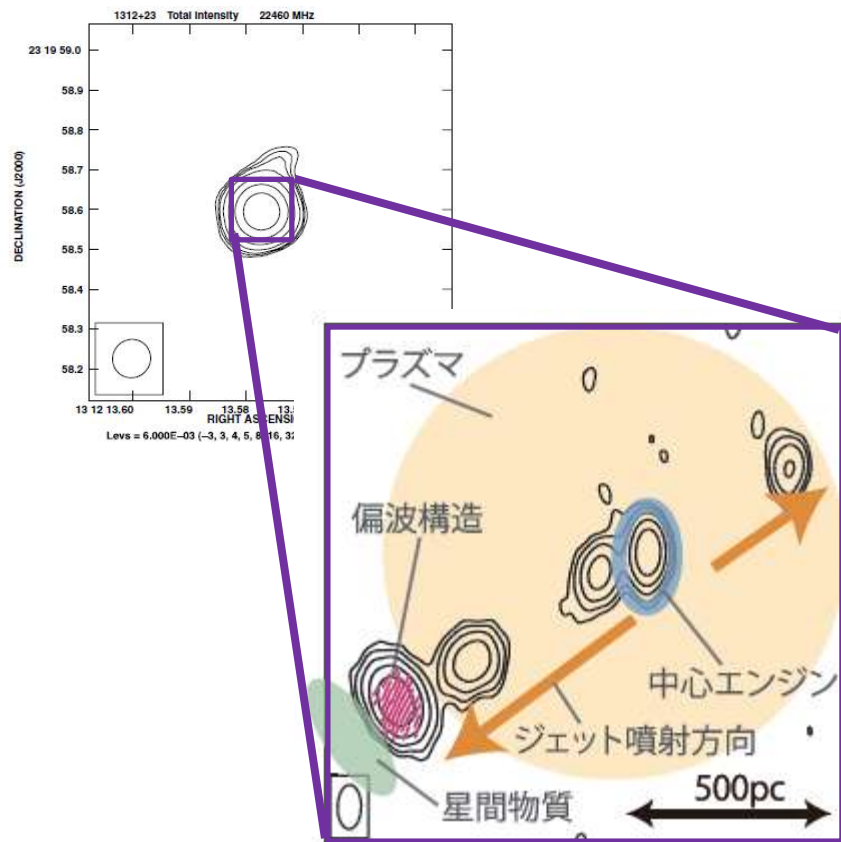


# VLBIで探る銀河進化2

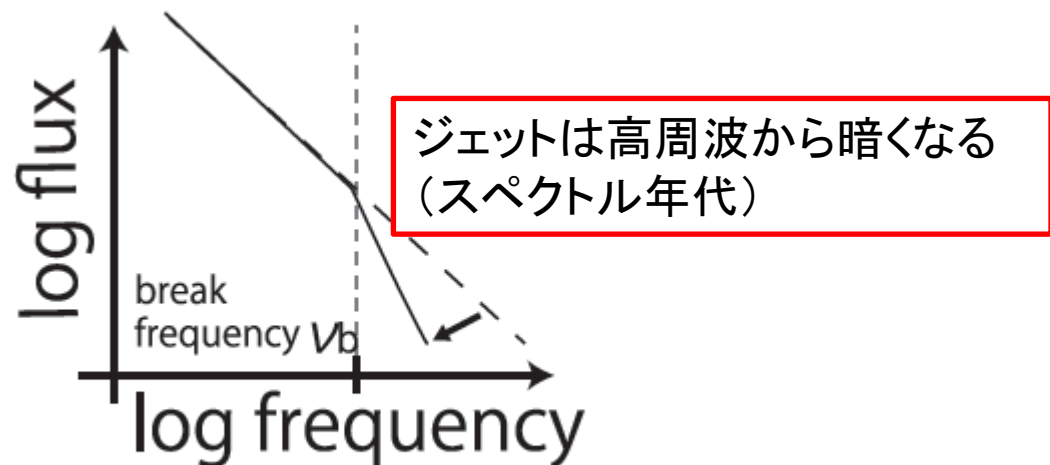
## 「埋もれたAGN」がクェーサーに進化する過程

### ■ Youth scenarioか Frustration scenarioか

– 力学的年齢とスペクトル年代の比較で区別



ジェットの成長に時間がかかる  
(力学的年齢)

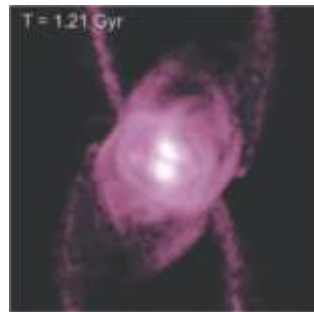


BALクェーサーは  
ULIRGのダスト・プラズマの  
残り香をもったクェーサー？

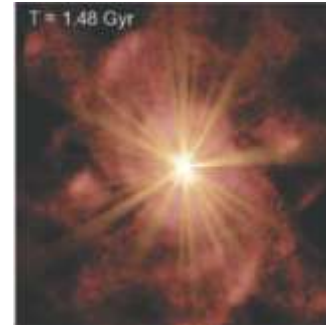




銀河進化のあるフェイズにて…



Star burst, buried quasar ?



Quasar phase

Question :

- 星形成銀河に「埋もれたAGN」は存在するか？  
⇒ VLBIでダストを見通すことが可能
- 「埋もれたAGN」がどうクェーサーに進化するか？  
⇒ BALクェーサーには電波ジェットを抑圧するISM？  
VLBIで力学年代・スペクトル年代を比較して存在検証

